

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З КУРСУ
“ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ”**

(для студентів 3 курсу денної і 3, 4 курсів заочної форм навчання
напряму 6.050701 „Електротехніка та електротехнології” (0906 “Електротехніка”)
зі спеціальності “Електротехнічні системи електроспоживання”)

ХАРКІВ - ХНАМГ - 2009

Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Електричні системи та мережі” (для студентів 3 курсу денної і 3,4 курсів заочної форм навчання напрям 6.050701 „Електротехніка та електротехнології” (0906 “Електротехніка”) зі спеціальності “Електротехнічні системи електроспоживання”). /Укл.: Сендерович Г.А., Довгалюк О.М., Калюжний Д.М., Щербакова П.Г., Натарова І.Г., Блощенко Т.В. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 40 с.

Укладачі: доц., к.т.н. Г.А. Сендерович,
доц., к.т.н. О.М. Довгалюк,
доц., к.т.н. Д.М. Калюжний,
ст. викл. І.Г. Натарова,
к.т.н. П.Г. Щербакова,
Т.В. Блощенко.

Рецензент: проф., д.т.н. О.Г. Гриб

Рекомендовано кафедрою “Електропостачання міст”,
протокол № 3 від 03 листопада 2009 р.

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

У курсі “Електричні системи та мережі” вивчають основи техніко-економічних й електричних розрахунків електричних систем і мереж, принципи їхньої побудови й проектування, використання при розрахунках ЕОМ, відомості про роботу електричних мереж.

Мета викладання дисципліни – прищепити студентам знання основних принципів, на яких ґрунтується розвиток електричних систем і мереж; формування уявлень про основні проблеми в електроенергетичному будівництві й способах їхнього вирішення.

Завдання вивчення дисципліни: набуття інженерами - електроенергетиками системи знань про методологічні основи аналізу режимів і проектування електричних мереж електропостачання, закріплення теоретичних знань і вироблення навичок їхнього застосування при виконанні розрахунків з даної дисципліни та інших курсах, а також у практичній інженерній діяльності; розвиток у студентів практичних навиків застосування схем заміщення та розрахунку їх параметрів, виконання розрахунків та аналізу сталих режимів електричної мережі, вибору перетину дротів й жил кабелів для проектування розвитку електричної мережі.

Вирішення завдань – важливий метод засвоєння і закріплення навчального матеріалу.

Задача № 1

Скласти повну і спрощену схеми заміщення двохобмоткового трансформатора типу ТДН-10000/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на низькій стороні $\underline{S}_H = 8 + j3 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

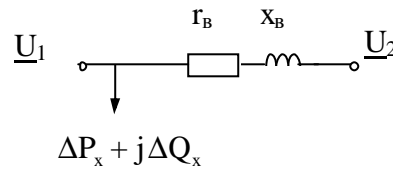
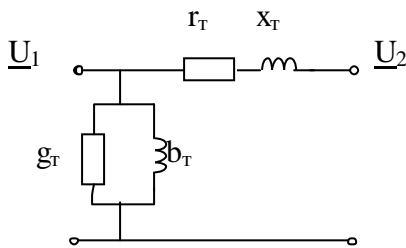
$$S_{T \text{ ном}} = 10 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 14 \text{ кВт}; I_x = 0,7 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 60 \text{ кВт}; U_k = 10,5 \text{ \%}.$$

Повна і спрощена схеми заміщення двохобмоткового трансформатора:



За даними дослідження холостого ходу:

$$g_T = \frac{\Delta P_x}{U_{T \text{ ном}}^2} = \frac{14 \cdot 10^{-3}}{115^2} = 1,06 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$b_T = \frac{I_x \% \cdot S_{T \text{ ном}}}{100 \cdot U_{T \text{ ном}}^2} = \frac{0,7 \cdot 10}{100 \cdot 115^2} = 5,3 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$\Delta Q_x = \frac{I_x \%}{100} \cdot S_{T \text{ ном}} = \frac{0,7}{100} \cdot 10 = 0,07 \text{ Мвар}.$$

За даними дослідження короткого замикання:

$$r_T = \frac{\Delta P_k \cdot U_{T \text{ ном}}^2}{S_{T \text{ ном}}^2} = \frac{60 \cdot 10^{-3} \cdot 115^2}{10^2} = 7,94 \text{ Ом};$$

$$X_T = \frac{U_K \cdot U_{T\text{НОМ}}^2}{100 \cdot S_{T\text{НОМ}}} = \frac{10,5 \cdot 115^2}{100 \cdot 10} = 138,9 \text{ Ом}.$$

Втрати потужності в трансформаторі:

$$\Delta \underline{S}_T = \Delta \underline{S}_{\text{СТ}} + \Delta \underline{S}_{\text{ОБМ}}.$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{СТ}} = \Delta P_X + j \Delta Q_X = 0,014 + j0,07 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta P_{\text{ОБМ}} = \Delta P_K \cdot \frac{P_H^2 + Q_H^2}{S_{T\text{НОМ}}^2} = 0,06 \cdot \frac{8^2 + 3^2}{10^2} \cdot 7,94 = 0,047 \text{ МВт};$$

$$\Delta Q_{\text{ОБМ}} = \frac{U_K}{100} \cdot \frac{P_H^2 + Q_H^2}{S_{T\text{НОМ}}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{8^2 + 3^2}{10} = 0,83 \text{ Мвар};$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{ОБМ}} = 0,047 + j0,83 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta \underline{S}_T = 0,061 + j0,9 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Задача № 1.1

Скласти повну і спрощену схеми заміщення двохобмоткового трансформатора типу ТМН-6300/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на низькій стороні $S_H = 5 + j2 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T\text{НОМ}} = 6,3 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1\text{ТНОМ}} = 115 \text{ кВ}, U_{2\text{ТНОМ}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_X = 11,5 \text{ кВт}; I_X = 0,8 \%;$$

$$\Delta P_K = 44 \text{ кВт}; U_K = 10,5\%.$$

Задача № 1.2

Скласти повну і спрощену схеми заміщення двохобмоткового трансформатора типу ТРДН-40000/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти

втрати потужності при навантаженні на низькій стороні $\underline{S}_H = 30 + j12 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{\text{ТНОМ}} = 40 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1\text{ ТНОМ}} = 115 \text{ кВ}, U_{2\text{ ТНОМ}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 36 \text{ кВт}; I_x = 0,65 \%;$$

$$\Delta P_k = 172 \text{ кВт}; U_k = 10,5\%.$$

Задача № 1.3

Скласти повну і спрощену схеми заміщення двохобмоткового трансформатора типу ТМН-4000/35. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на низькій стороні $\underline{S}_H = 3 + j1 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{\text{ТНОМ}} = 4 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1\text{ ТНОМ}} = 35 \text{ кВ}, U_{2\text{ ТНОМ}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 6,7 \text{ кВт}; I_x = 1,0 \%;$$

$$\Delta P_k = 33,5 \text{ кВт}; U_k = 7,5\%.$$

Задача № 1.4

Скласти повну й спрощену схеми заміщення двохобмоткового трансформатора типу ТМН-10000/35. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на низькій стороні $\underline{S}_H = 8 + j3 \text{ МВА}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{\text{ТНОМ}} = 10 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1\text{ ТНОМ}} = 36,75 \text{ кВ}, U_{2\text{ ТНОМ}} = 6,3 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 14,5 \text{ кВт}; I_x = 0,8 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 65 \text{ кВт}; U_k = 7,5\% .$$

Задача № 1.5

Скласти повну й спрощену схеми заміщення двохобмоткового трансформатора типу ТРДЦН-63000/220. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на низькій стороні $\underline{S}_H = 50 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 63 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 230 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 82 \text{ кВт}; I_x = 0,8 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 300 \text{ кВт}; U_k = 12,0\% .$$

Задача № 2

Скласти повну й спрощену схеми заміщення триобмоткового трансформатора типу ТДТН-10000/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 6 + j2 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 2 + j0,5 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

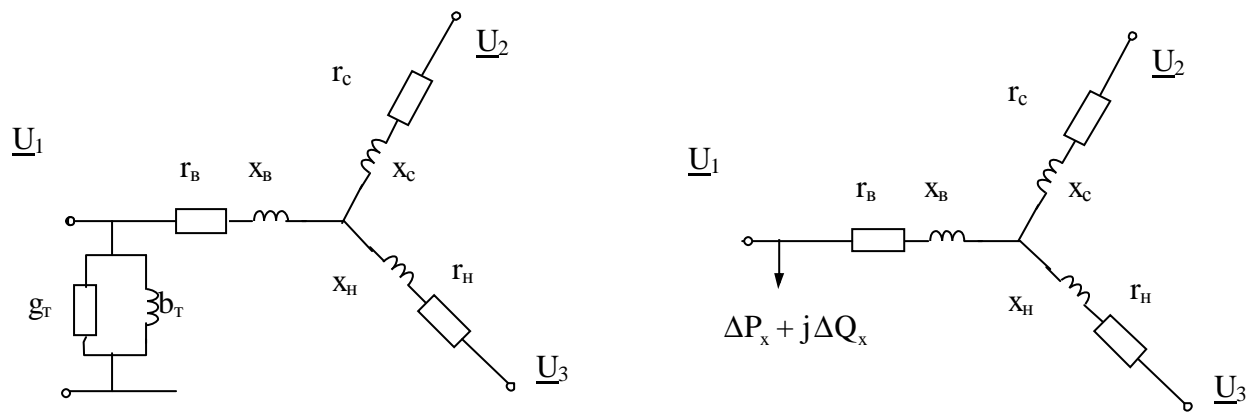
Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 10 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 38,5 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 17 \text{ кВт}; I_x = 1,1 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 76 \text{ кВт}; U_k^{BC} = 10,5\% , U_k^{BH} = 17\% , U_k^{CH} = 6\% .$$



За даними дослідження холостого ходу:

$$g_T = \frac{\Delta P_x}{U_{T \text{ ном}}^2} = \frac{17 \cdot 10^{-3}}{115^2} = 1,28 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$b_T = \frac{I_x \% \cdot S_{T \text{ ном}}}{100 \cdot U_{T \text{ ном}}^2} = \frac{1,1 \cdot 10}{100 \cdot 115^2} = 8,3 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$\Delta Q_x = \frac{I_x \%}{100} \cdot S_{T \text{ ном}} = \frac{1,1}{100} \cdot 10 = 0,11 \text{ Мвар}.$$

За даними дослідження короткого замикання:

$$r_{\text{общ}} = \frac{\Delta P_k \cdot U_{T \text{ ном}}^2}{S_{T \text{ ном}}^2} = \frac{76 \cdot 10^{-3} \cdot 115^2}{10^2} = 10,05 \text{ Ом};$$

$$r_B = r_C = r_H = r_{\text{общ}} / 2 = 5,025 \text{ Ом};$$

$$U_k^B = \frac{U_k^{BC} + U_k^{BH} - U_k^{CH}}{2} = \frac{10,5 + 17 - 6}{2} = 10,75 \%,$$

$$U_k^C = \frac{U_k^{BC} + U_k^{CH} - U_k^{BH}}{2} = \frac{10,5 + 6 - 17}{2} \approx 0 \%,$$

$$U_k^H = \frac{U_k^{BH} + U_k^{CH} - U_k^{BC}}{2} = \frac{17 + 6 - 10,5}{2} = 6,25 \%;$$

$$X_B = \frac{U_K^B \cdot U_{THOM}^2}{100 \cdot S_{THOM}} = \frac{10,75 \cdot 115^2}{100 \cdot 10} = 142,2 \text{ Ом},$$

$$X_C = 0 \text{ Ом},$$

$$X_H = \frac{U_K^H \cdot U_{THOM}^2}{100 \cdot S_{THOM}} = \frac{6,25 \cdot 115^2}{100 \cdot 10} = 82,7 \text{ Ом}.$$

Втрати потужності в трансформаторі:

$$\Delta \underline{S}_T = \Delta \underline{S}_{CT} + \Delta \underline{S}_{обм}.$$

$$\Delta \underline{S}_{CT} = \Delta P_x + j \Delta Q_x = 0,017 + j0,11 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{обм} &= \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_{THOM}^2} \cdot r_H + \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{THOM}^2} \cdot r_C + \frac{(P_H + P_C)^2 + (Q_H + Q_C)^2}{U_{THOM}^2} \cdot r_B = \\ &= \frac{2^2 + 0,5^2}{115^2} \cdot 5,025 + \frac{6^2 + 2^2}{115^2} \cdot 5,025 + \frac{(2+6)^2 + (0,5+2)^2}{115^2} \cdot 5,025 = 0,044 \text{ МВт}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_{обм} &= \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_{THOM}^2} \cdot x_H + \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{THOM}^2} \cdot x_C + \frac{(P_H + P_C)^2 + (Q_H + Q_C)^2}{U_{THOM}^2} \cdot x_B = \\ &= \frac{2^2 + 0,5^2}{115^2} \cdot 82,7 + \frac{6^2 + 2^2}{115^2} \cdot 0 + \frac{(2+6)^2 + (0,5+2)^2}{115^2} \cdot 142,2 = 0,782 \text{ Мвар}; \end{aligned}$$

$$\Delta \underline{S}_{обм} = 0,044 + j0,782 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta \underline{S}_T = 0,061 + j0,892 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Задача № 2.1

Скласти повну й спрощену схеми заміщення триобмоткового трансформатора типу ТМТН-6300/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти

втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 4 + j1$ МВ · А, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 1 + j0,3$ МВ · А.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 6,3 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 38,5 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 14 \text{ кВт}; I_x = 1,2 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 58 \text{ кВт}; U_k^{BC} = 10,5\%, U_k^{BH} = 17\%, U_k^{CH} = 6\%.$$

Задача № 2.2

Скласти повну й спрощену схеми заміщення триобмоткового трансформатора типу ТДТН-40000/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 30 + j10$ МВ · А, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 5 + j2$ МВ · А.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 40 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 38,5 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 43 \text{ кВт}; I_x = 0,6 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 200 \text{ кВт}; U_k^{BC} = 10,5\%, U_k^{BH} = 17\%, U_k^{CH} = 6\%.$$

Задача № 2.3

Скласти повну й спрощену схеми заміщення триобмоткового трансформатора типу ТДТН-16000/150. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 12 + j4$ МВ · А, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 4 + j1$ МВ · А.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 16 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1\text{ Т НОМ}} = 158 \text{ кВ}, U_{2\text{ Т НОМ}} = 38,5 \text{ кВ}, U_{3\text{ Т НОМ}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 25 \text{ кВт}; I_x = 1,0 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 96 \text{ кВт}; U_k^{\text{BC}} = 10,5\% , U_k^{\text{BH}} = 18\% , U_k^{\text{CH}} = 6\% .$$

Задача № 2.4

Скласти повну й спрощену схеми заміщення триобмоткового трансформатора типу ТДТН-63000/150. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 52 + j12 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 8 + j2 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{\text{Т НОМ}} = 63 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1\text{ Т НОМ}} = 158 \text{ кВ}, U_{2\text{ Т НОМ}} = 38,5 \text{ кВ}, U_{3\text{ Т НОМ}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 67 \text{ кВт}; I_x = 0,7 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 285 \text{ кВт}; U_k^{\text{BC}} = 10,5\% , U_k^{\text{BH}} = 18\% , U_k^{\text{CH}} = 6\% .$$

Задача № 2.5

Скласти повну й спрощену схеми заміщення триобмоткового трансформатора типу ТДТН-25000/220. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 19 + j7 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 5 + j2 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані трансформатора:

$$S_{\text{Т НОМ}} = 25 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$U_{1\text{ Т НОМ}} = 230 \text{ кВ}, U_{2\text{ Т НОМ}} = 38,5 \text{ кВ}, U_{3\text{ Т НОМ}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 50 \text{ кВт}; I_x = 1,2 \text{ \%};$$

$$\Delta P_k = 135 \text{ кВт}; U_k^{\text{BC}} = 12,5\% , U_k^{\text{BH}} = 20\% , U_k^{\text{CH}} = 6,5\% .$$

Задача № 3

Скласти повну й спрощену схеми заміщення автотрансформатора типу АТДЦТН-200000/220/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 100 + j60$ МВ · А, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 20 + j10$ МВ · А.

Каталожні дані автотрансформатора:

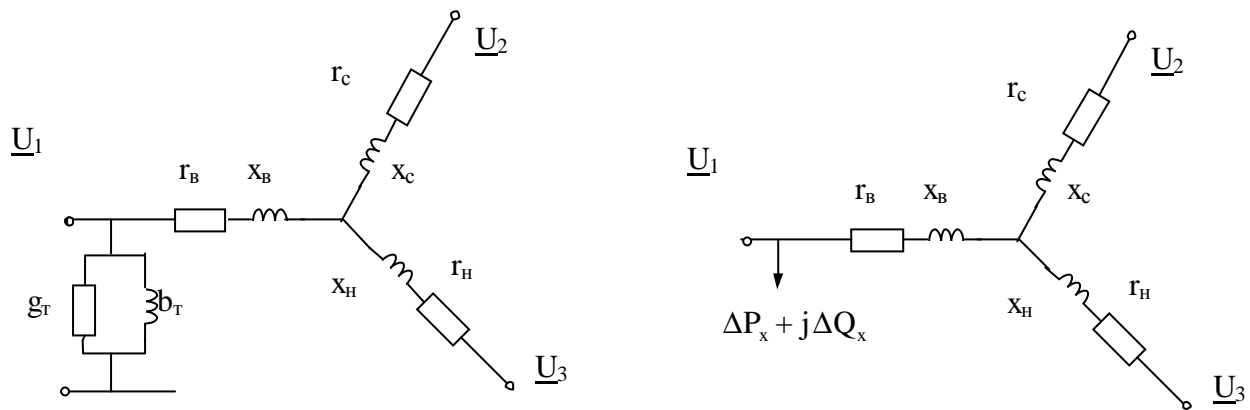
$$S_{T \text{ HOM}} = 200 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ T HOM}} = 230 \text{ кВ}, U_{2 \text{ T HOM}} = 121 \text{ кВ}, U_{3 \text{ T HOM}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 125 \text{ кВт}; I_x = 0,5 \%;$$

$$\Delta P_K^{BC} = 430 \text{ кВт}; U_K^{BC} = 11\%, U_K^{BH} = 32\%, U_K^{CH} = 20\%;$$

$$S_{T \text{ HOM}}^{HH} / S_{T \text{ HOM}} = 0,5.$$



За даними дослідження холостого ходу:

$$g_T = \frac{\Delta P_x}{U_{T \text{ HOM}}^2} = \frac{125 \cdot 10^{-3}}{230^2} = 2,36 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$b_T = \frac{I_x \% \cdot S_{T \text{ HOM}}}{100 \cdot U_{T \text{ HOM}}^2} = \frac{0,5 \cdot 200}{100 \cdot 230^2} = 18,9 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$\Delta Q_x = \frac{I_x \%}{100} \cdot S_{T \text{ НОМ}} = \frac{0,5}{100} \cdot 200 = 1,0 \text{ Мвар}.$$

За даними досліджу короткого замикання:

$$r_{\text{общ}} = \frac{\Delta P_K \cdot U_{T \text{ НОМ}}^2}{S_{T \text{ НОМ}}^2} = \frac{430 \cdot 10^{-3} \cdot 230^2}{200^2} = 0,569 \text{ Ом};$$

$$r_B = r_C = r_{\text{общ}} / 2 = 0,3 \text{ Ом},$$

$$r_H = r_B / (S_{T \text{ НОМ}}^{\text{HH}} / S_{T \text{ НОМ}}) = r_B / 0,5 = 0,6 \text{ Ом};$$

$$U_K^B = \frac{U_K^{BC} + U_K^{BH} - U_K^{CH}}{2} = \frac{11 + 32 - 20}{2} = 11,5 \%,$$

$$U_K^C = \frac{U_K^{BC} + U_K^{CH} - U_K^{BH}}{2} = \frac{11 + 20 - 32}{2} \approx 0 \%,$$

$$U_K^H = \frac{U_K^{BH} + U_K^{CH} - U_K^{BC}}{2} = \frac{32 + 20 - 11}{2} = 20,5 \%;$$

$$x_B = \frac{U_K^B \cdot U_{T \text{ НОМ}}^2}{100 \cdot S_{T \text{ НОМ}}} = \frac{11,5 \cdot 230^2}{100 \cdot 200} = 30,42 \text{ Ом},$$

$$x_C = 0 \text{ Ом},$$

$$x_H = \frac{U_K^H \cdot U_{T \text{ НОМ}}^2}{100 \cdot S_{T \text{ НОМ}}} = \frac{20,5 \cdot 230^2}{100 \cdot 200} = 54,22 \text{ Ом}.$$

Втрати потужності в трансформаторі:

$$\Delta \underline{S}_T = \Delta \underline{S}_{\text{CT}} + \Delta \underline{S}_{\text{обм}}.$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{CT}} = \Delta P_x + j \Delta Q_x = 0,125 + j1,0 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta P_{\text{обм}} = \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_{\text{THOM}}^2} \cdot r_H + \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{\text{THOM}}^2} \cdot r_c + \frac{(P_H + P_C)^2 + (Q_H + Q_C)^2}{U_{\text{THOM}}^2} \cdot r_B =$$

$$= \frac{20^2 + 10^2}{230^2} \cdot 0,6 + \frac{100^2 + 60^2}{230^2} \cdot 0,3 + \frac{(20 + 100)^2 + (10 + 60)^2}{230^2} \cdot 0,3 = 0,192 \text{ МВт};$$

$$\Delta Q_{\text{обм}} = \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_{\text{THOM}}^2} \cdot x_H + \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{\text{THOM}}^2} \cdot x_c + \frac{(P_H + P_C)^2 + (Q_H + Q_C)^2}{U_{\text{THOM}}^2} \cdot x_B =$$

$$= \frac{20^2 + 10^2}{230^2} \cdot 54,22 + \frac{100^2 + 60^2}{230^2} \cdot 0 + \frac{(20 + 100)^2 + (10 + 60)^2}{230^2} \cdot 30,42 = 11,611 \text{ Мвар};$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{обм}} = 0,192 + j11,611 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta \underline{S}_T = 0,317 + j12,611 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Задача № 3.1

Скласти повну й спрощену схеми заміщення автотрансформатора типу АТДЦТН-200000/330/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 100 + j60 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 20 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{\text{T HОМ}} = 200 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ T HОМ}} = 330 \text{ кВ}, U_{2 \text{ T HОМ}} = 115 \text{ кВ}, U_{3 \text{ T HОМ}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 180 \text{ кВт}; I_x = 0,5 \%;$$

$$\Delta P_K^{\text{BC}} = 600 \text{ кВт}; U_K^{\text{BC}} = 10\%, U_K^{\text{BH}} = 34\%, U_K^{\text{CH}} = 22,5\%;$$

$$S_{\text{T HОМ}}^{\text{HH}} / S_{\text{T HОМ}} = 0,4.$$

Задача № 3.2

Скласти повну й спрощену схеми заміщення автотрансформатора типу АТДЦТН-250000/220/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 150 + j80 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 60 + j20 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 250 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 230 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 121 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 145 \text{ кВт}; I_x = 0,5 \%;$$

$$\Delta P_K^{BC} = 520 \text{ кВт}; U_K^{BC} = 11,5\%, U_K^{BH} = 33,4\%, U_K^{CH} = 20,8\%;$$

$$S_{T \text{ ном}}^{HH} / S_{T \text{ ном}} = 0,5.$$

Задача № 3.3

Скласти повну й спрощену схеми заміщення автотрансформатора типу АТДЦТН-125000/330/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 100 + j60 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 20 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 125 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 330 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 115 \text{ кВт}; I_x = 0,5 \%;$$

$$\Delta P_K^{BC} = 370 \text{ кВт}; U_K^{BC} = 10\%, U_K^{BH} = 35\%, U_K^{CH} = 24\%;$$

$$S_{T \text{ ном}}^{HH} / S_{T \text{ ном}} = 0,5.$$

Задача № 3.4

Скласти повну й спрощену схеми заміщення автотрансформатора типу АТДЦТН-250000/500/110. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 150 + j80 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 60 + j20 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 250 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 500 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 121 \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 230 \text{ кВт}; I_x = 0,45 \%;$$

$$\Delta P_K^{BC} = 640 \text{ кВт}; U_K^{BC} = 13\%, U_K^{BH} = 33\%, U_K^{CH} = 18,5\%;$$

$$S_{T \text{ ном}}^{HH} / S_{T \text{ ном}} = 0,4.$$

Задача № 4

Скласти повну й спрощену схеми заміщення групи з трьох однофазних автотрансформаторів типу АОДЦТН-133000/330/220. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 360 + j90 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 20 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{T \text{ ном}} = 133 \text{ МВА};$$

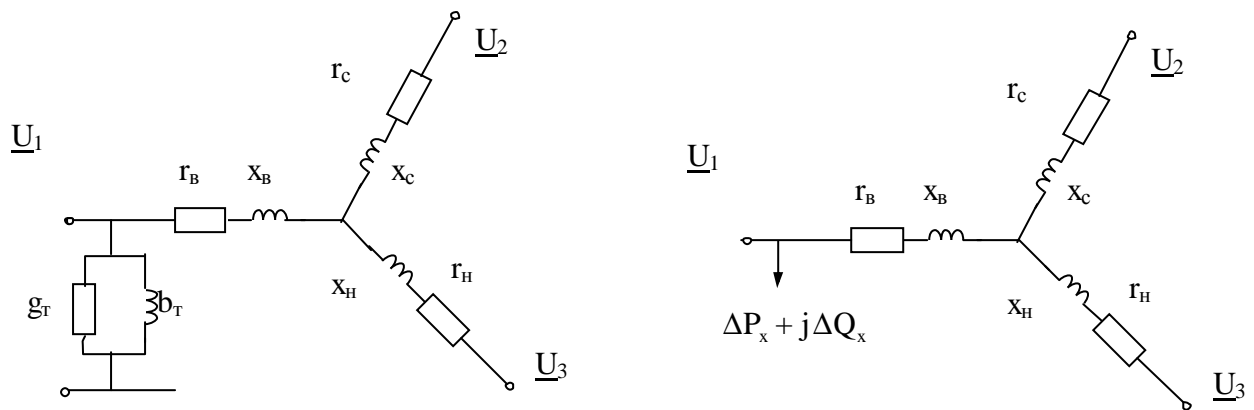
$$U_{1 \text{ Т ном}} = 330/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 230/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 55 \text{ кВт}; I_x = 0,15 \%;$$

$$\Delta P_K^{BC} = 280 \text{ кВт}, \Delta P_K^{BH} = 125 \text{ кВт}; \Delta P_K^{CH} = 105 \text{ кВт};$$

$$U_K^{BC} = 9\%, U_K^{BH} = 60,4\%, U_K^{CH} = 48,5\%;$$

$$S_{T \text{ ном}}^{HH} / S_{T \text{ ном}} = 0,25.$$



За даними дослідження холостого ходу:

$$g_T = \frac{\Delta P_x}{U_{T \text{ ном}}^2} = \frac{55 \cdot 10^{-3}}{(330/\sqrt{3})^2} = 1,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$b_T = \frac{I_x \% \cdot S_{T \text{ ном}}}{100 \cdot U_{T \text{ ном}}^2} = \frac{0,15 \cdot 133}{100 \cdot (330/\sqrt{3})^2} = 5,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{Ом}};$$

$$\Delta P_x = 3 \cdot \Delta P_{x(\text{катал.})} = 3 \cdot 0,055 = 0,165 \text{ МВт};$$

$$\Delta Q_x = 3 \cdot \frac{I_x \%}{100} \cdot S_{T \text{ ном}} = 3 \cdot \frac{0,15}{100} \cdot 133 = 0,6 \text{ Мвар}.$$

За даними дослідження короткого замикання знаходимо активні опори обмоток:

$$r_{BC} = \frac{\Delta P_K^{BC} \cdot U_{T \text{ ном}}^2}{(S_{T \text{ ном}})^2} = \frac{0,28 \cdot (330/\sqrt{3})^2}{133^2} = 0,57 \text{ Ом};$$

$$r_{BH} = \frac{\Delta P_K^{BH} \cdot U_{I \text{ ном}}^2}{(S_{T \text{ ном}}^{HH})^2} = \frac{0,125 \cdot (330/\sqrt{3})^2}{(133 \cdot 0,25)^2} = 4,11 \text{ Ом};$$

$$r_{CH} = \frac{\Delta P_K^{CH} \cdot U_{T \text{ ном}}^2}{(S_{T \text{ ном}}^{HH})^2} = \frac{0,105 \cdot (330/\sqrt{3})^2}{(133 \cdot 0,25)^2} = 3,46 \text{ Ом}.$$

$$r_B = (r_{BC} + r_{BH} - r_{CH}) / 2 = (0,57 + 4,11 - 3,46) / 2 = 0,61 \text{ Ом};$$

$$r_c = (r_{BC} + r_{CH} - r_{BH}) / 2 = (0,57 + 3,46 - 4,11) / 2 = -0,08 \approx 0;$$

$$r_H = (r_{BH} + r_{CH} - r_{BC}) / 2 = (4,11 + 3,46 - 0,57) / 2 = 3,5 \text{ Ом.}$$

Реактивні опори обмоток:

$$U_K^B = (U_K^{BC} + U_K^{BH} - U_K^{CH}) / 2 = (9 + 60,4 - 48,5) / 2 = 10,45\%;$$

$$U_K^C = (U_K^{BC} + U_K^{CH} - U_K^{BH}) / 2 = (9 + 48,5 - 60,4) / 2 = -1,45 \approx 0;$$

$$U_K^H = (U_K^{BH} + U_K^{CH} - U_K^{BC}) / 2 = (60,4 + 48,5 - 9) / 2 = 49,95\%.$$

$$X_B = \frac{U_K^B \cdot U_{THOM}^2}{100 \cdot S_{THOM}} = \frac{10,45 \cdot (330 / \sqrt{3})^2}{100 \cdot 133} = 28,6 \text{ Ом};$$

$$X_c = 0;$$

$$X_H = \frac{U_K^H \cdot U_{THOM}^2}{100 \cdot S_{THOM}} = \frac{49,95 \cdot (330 / \sqrt{3})^2}{100 \cdot 133} = 136,65 \text{ Ом.}$$

Втрати потужності в автотрансформаторі:

$$\Delta \underline{S}_T = \Delta \underline{S}_{CT} + \Delta \underline{S}_{обм}.$$

$$\Delta \underline{S}_{CT} = \Delta P_x + j \Delta Q_x = 0,165 + j0,6 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{обм} &= \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_{THOM}^2} \cdot r_H + \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{THOM}^2} \cdot r_c + \frac{(P_H + P_C)^2 + (Q_H + Q_C)^2}{U_{THOM}^2} \cdot r_b = \\ &= \frac{20^2 + 10^2}{330^2} \cdot 3,5 + \frac{360^2 + 90^2}{330^2} \cdot 0 + \frac{(20 + 360)^2 + (10 + 90)^2}{330^2} \cdot 0,61 = 0,881 \text{ МВт}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta Q_{обм} &= \frac{P_H^2 + Q_H^2}{U_{THOM}^2} \cdot X_H + \frac{P_C^2 + Q_C^2}{U_{THOM}^2} \cdot X_c + \frac{(P_H + P_C)^2 + (Q_H + Q_C)^2}{U_{THOM}^2} \cdot X_B = \\ &= \frac{20^2 + 10^2}{330^2} \cdot 136,65 + \frac{360^2 + 90^2}{330^2} \cdot 0 + \frac{(20 + 360)^2 + (10 + 90)^2}{330^2} \cdot 28,6 = 41,177 \text{ Мвар}; \end{aligned}$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{обм}} = 0,881 + j41,177 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

$$\Delta \underline{S}_{\text{т}} = 1,046 + j41,777 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Задача № 4.1

Скласти повну й спрощену схеми заміщення групи з трьох однофазних автотрансформаторів типу АОДЦТН-167000/500/330. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_{\text{с}} = 430 + j140 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_{\text{н}} = 50 + j20 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{\text{т ном}} = 167 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ т ном}} = 500/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{2 \text{ т ном}} = 330/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{3 \text{ т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_{\text{х}} = 70 \text{ кВт}; I_{\text{х}} = 0,3 \text{ \%};$$

$$\Delta P_{\text{к}}^{\text{BC}} = 320 \text{ кВт};$$

$$U_{\text{к}}^{\text{BC}} = 9,5\% , U_{\text{к}}^{\text{BH}} = 67\% , U_{\text{к}}^{\text{CH}} = 61\% ;$$

$$S_{\text{т ном}}^{\text{HH}} / S_{\text{т ном}} = 0,2.$$

Задача № 4.2

Скласти повну й спрощену схеми заміщення групи з трьох однофазних автотрансформаторів типу АОДЦТН-333000/750/330. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_{\text{с}} = 840 + j140 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_{\text{н}} = 100 + j30 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{\text{т ном}} = 333 \text{ МВА};$$

$$U_{1\text{ Т НОМ}} = 750/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{2\text{ Т НОМ}} = 330/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{3\text{ Т НОМ}} = 15,75 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 250 \text{ кВт}; I_x = 0,35 \%;$$

$$\Delta P_k^{BC} = 580 \text{ кВт};$$

$$U_k^{BC} = 10\%, U_k^{BH} = 28\%, U_k^{CH} = 17\% ;$$

$$S_{\text{Т НОМ}}^{HH} / S_{\text{Т НОМ}} = 0,36.$$

Задача № 4.3

Скласти повну й спрощену схеми заміщення групи з трьох однофазних автотрансформаторів типу АОДЦТН-267000/750/220. Розрахувати параметри схеми заміщення. Знайти втрати потужності при навантаженні на стороні середньої напруги $\underline{S}_C = 680 + j140 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, на стороні низької напруги $\underline{S}_H = 100 + j30 \text{ МВ} \cdot \text{А}$.

Каталожні дані автотрансформатора:

$$S_{\text{Т НОМ}} = 267 \text{ МВА};$$

$$U_{1\text{ Т НОМ}} = 750/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{2\text{ Т НОМ}} = 220/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{3\text{ Т НОМ}} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$\Delta P_x = 250 \text{ кВт}; I_x = 0,4 \%;$$

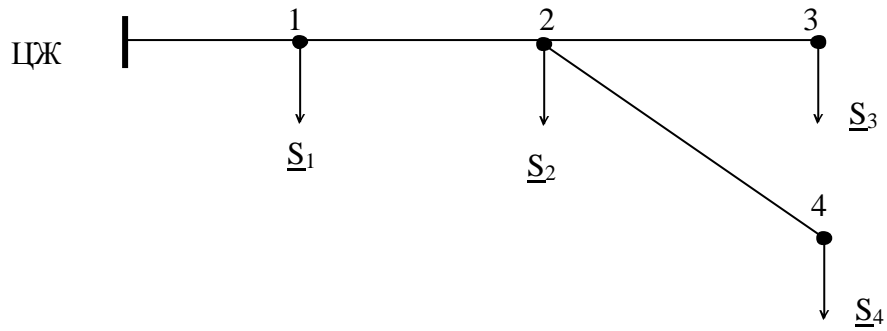
$$\Delta P_k^{BC} = 600 \text{ кВт};$$

$$U_k^{BC} = 13\%, U_k^{BH} = 32\%, U_k^{CH} = 17\% ;$$

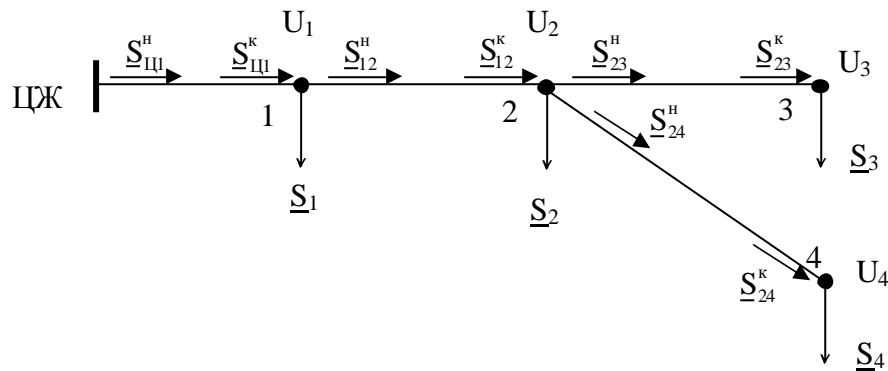
$$S_{\text{Т НОМ}}^{HH} / S_{\text{Т НОМ}} = 0,3.$$

Задача № 5

Навести в загальному вигляді ітераційний розрахунок розімкнутої мережі 110 кВ (розрахунок у два етапи). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.



Вирішення



I етап: Допускаємо, що напруга в усіх вузлах дорівнює номінальній, $U_i = U_{\text{ном}}$.

$$\underline{S}_{23}^K = \underline{S}_3; \Delta \underline{S}_{23} = \left(\frac{\underline{S}_{23}^K}{U_3} \right)^2 \cdot \underline{z}_{23}; \underline{S}_{23}^H = \underline{S}_{23}^K + \Delta \underline{S}_{23}.$$

$$\underline{S}_{24}^K = \underline{S}_4; \Delta \underline{S}_{24} = \left(\frac{\underline{S}_{24}^K}{U_4} \right)^2 \cdot \underline{z}_{24}; \underline{S}_{24}^H = \underline{S}_{24}^K + \Delta \underline{S}_{24}.$$

$$\underline{S}_{12}^K = \underline{S}_{23}^H + \underline{S}_{24}^H + \underline{S}_2; \Delta \underline{S}_{12} = \left(\frac{\underline{S}_{12}^K}{U_2} \right)^2 \cdot \underline{z}_{12}; \underline{S}_{12}^H = \underline{S}_{12}^K + \Delta \underline{S}_{12};$$

$$\underline{S}_{11}^K = \underline{S}_{12}^H + \underline{S}_1; \Delta \underline{S}_{11} = \left(\frac{\underline{S}_{11}^K}{U_1} \right)^2 \cdot \underline{z}_{11}; \underline{S}_{11}^H = \underline{S}_{11}^K + \Delta \underline{S}_{11}.$$

II етап: $U_{\text{Ц}}$ – дано;

$$\Delta U_{11} = \frac{P_{11}^H \cdot r_{11} + Q_{11}^H \cdot x_{11}}{U_{\text{Ц}}}; U_1 = U_{\text{Ц}} - \Delta U_{11};$$

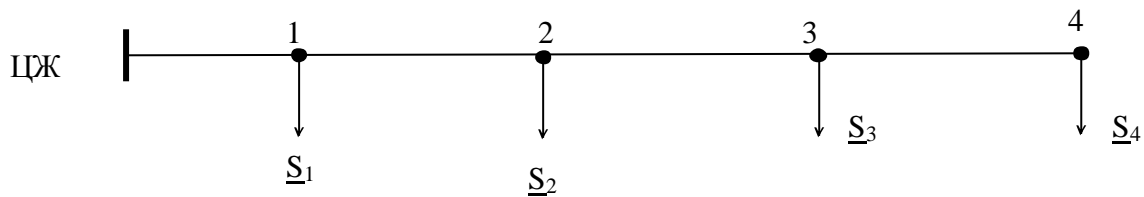
$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12}^H \cdot r_{12} + Q_{12}^H \cdot x_{12}}{U_1}; U_2 = U_1 - \Delta U_{12};$$

$$\Delta U_{23} = \frac{P_{23}^H \cdot r_{23} + Q_{23}^H \cdot x_{23}}{U_2}; U_3 = U_2 - \Delta U_{23};$$

$$\Delta U_{24} = \frac{P_{24}^H \cdot r_{24} + Q_{24}^H \cdot x_{24}}{U_2}; U_4 = U_2 - \Delta U_{24}.$$

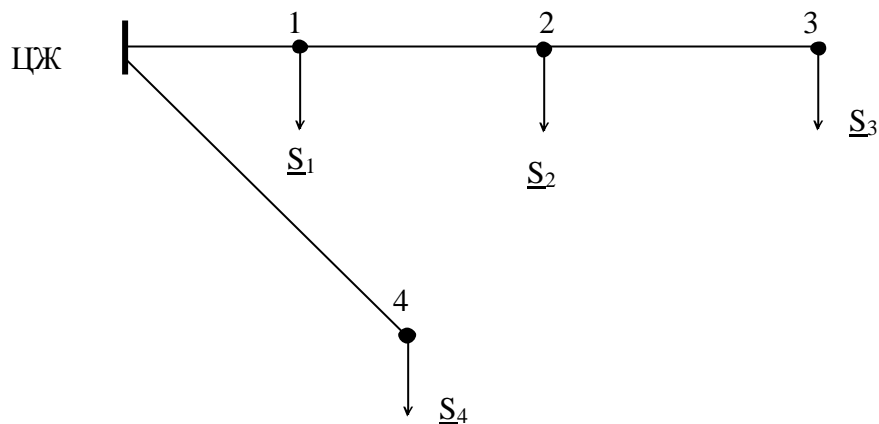
Задача № 5.1

Навести в загальному вигляді ітераційний розрахунок розімкнутої мережі 110 кВ (розрахунок у два етапи). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.



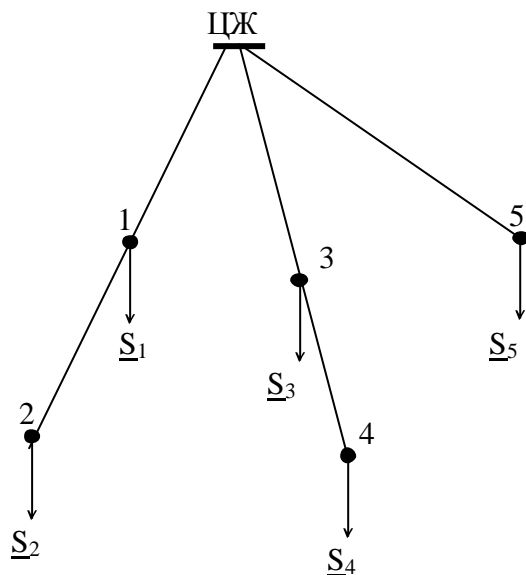
Задача № 5.2

Навести в загальному вигляді ітераційний розрахунок розімкнутої мережі 110 кВ (розрахунок у два етапи). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.



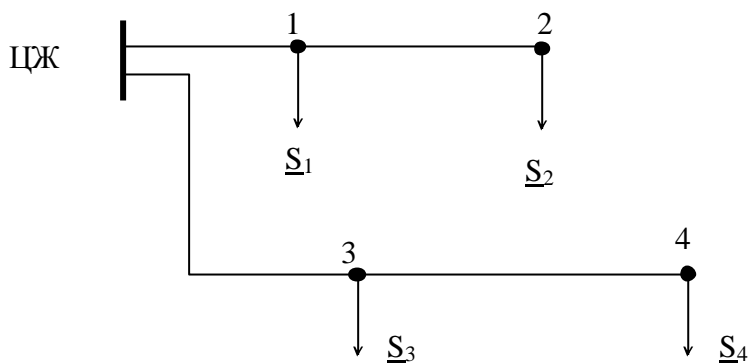
Задача № 5.3

Навести в загальному вигляді ітераційний розрахунок розімкнутої мережі 110 кВ (розрахунок у два етапи). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.



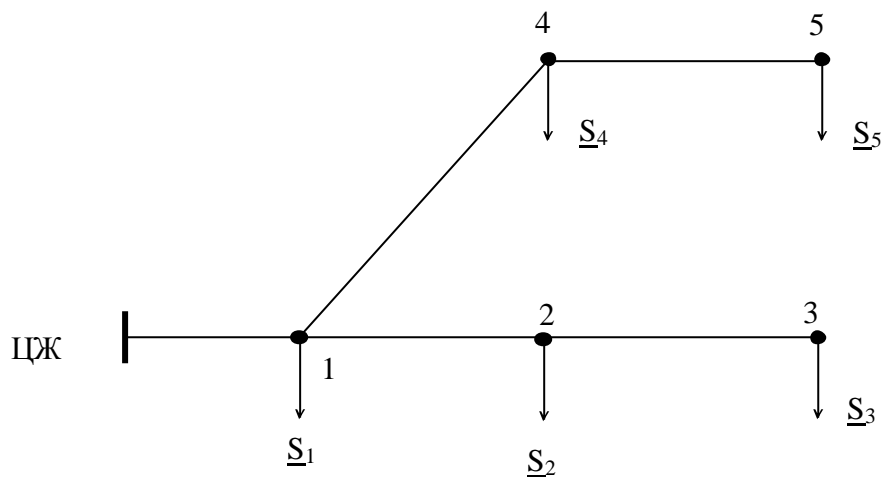
Задача № 5.4

Навести в загальному вигляді ітераційний розрахунок розімкнутої мережі 110 кВ (розрахунок у два етапи). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.



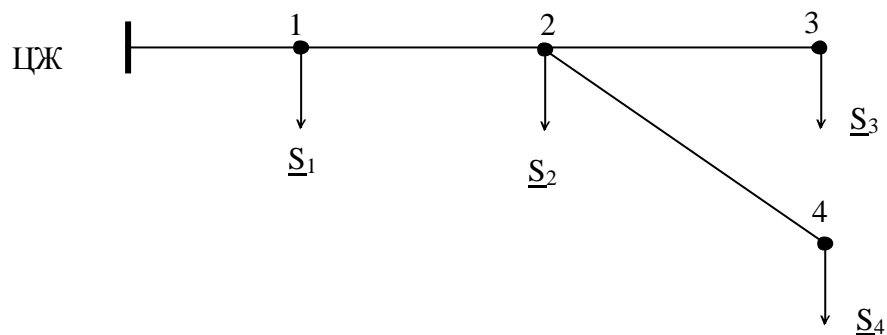
Задача № 5.5

Навести в загальному вигляді ітераційний розрахунок розімкнутої мережі 110 кВ (розрахунок у два етапи). Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.

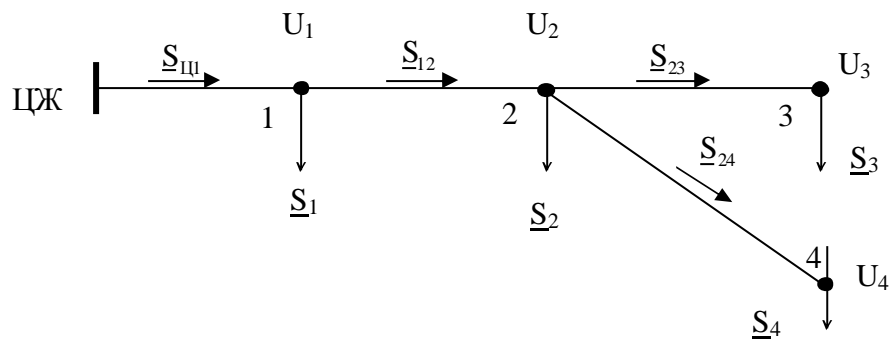


Задача № 6

Навести в загальному вигляді розрахунок мережі 10 кВ. Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.



Вирішення



$$\underline{S}_{23} = \underline{S}_3; \underline{S}_{24} = \underline{S}_4;$$

$$\underline{S}_{12} = \underline{S}_{23} + \underline{S}_{24} + \underline{S}_2;$$

$$\underline{S}_{11} = \underline{S}_{12} + \underline{S}_1.$$

$U_{ЦЖ}$ – дано;

$$\Delta U_{Ц1} = \frac{P_{Ц1} \cdot r_{Ц1} + Q_{Ц1} \cdot x_{Ц1}}{U_{НОМ}}; U_1 = U_{ЦЖ} - \Delta U_{Ц1};$$

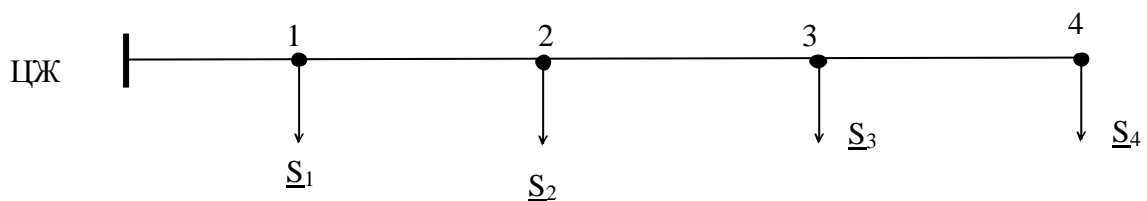
$$\Delta U_{12} = \frac{P_{12} \cdot r_{12} + Q_{12} \cdot x_{12}}{U_{НОМ}}; U_2 = U_1 - \Delta U_{12};$$

$$\Delta U_{23} = \frac{P_{23} \cdot r_{23} + Q_{23} \cdot x_{23}}{U_{НОМ}}; U_3 = U_2 - \Delta U_{23};$$

$$\Delta U_{24} = \frac{P_{24} \cdot r_{24} + Q_{24} \cdot x_{24}}{U_{НОМ}}; U_4 = U_2 - \Delta U_{24}.$$

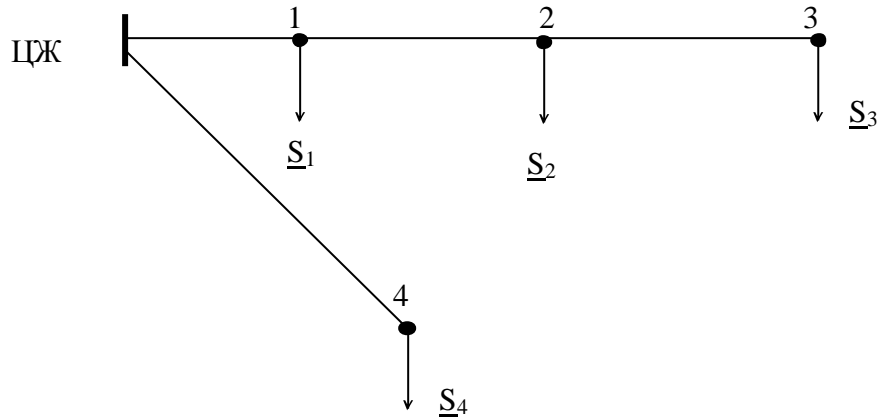
Задача № 6.1

Навести в загальному вигляді розрахунок мережі 10 кВ. Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.



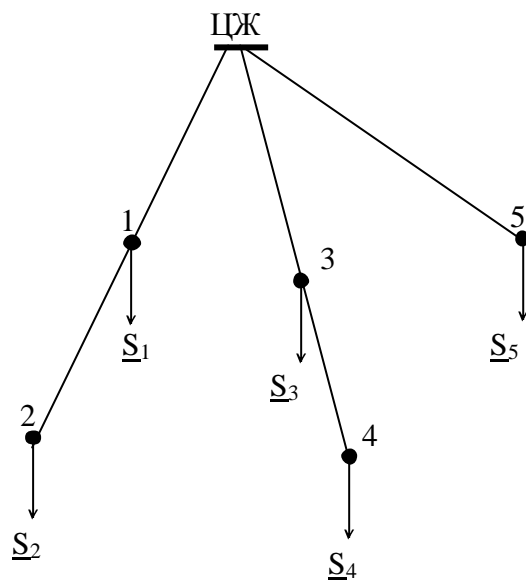
Задача № 6.2

Навести в загальному вигляді розрахунок мережі 10 кВ. Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.



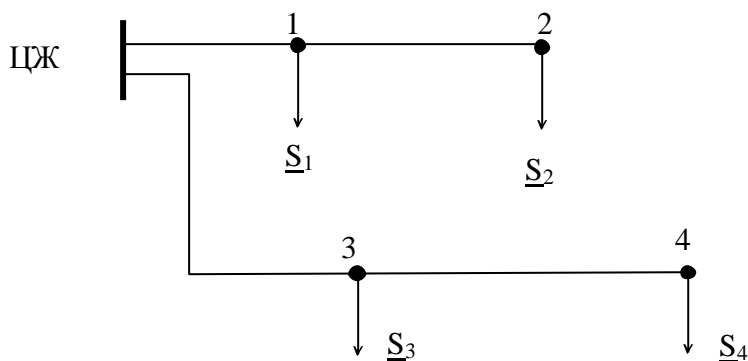
Задача № 6.3

Навести в загальному вигляді розрахунок мережі 10 кВ. Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.



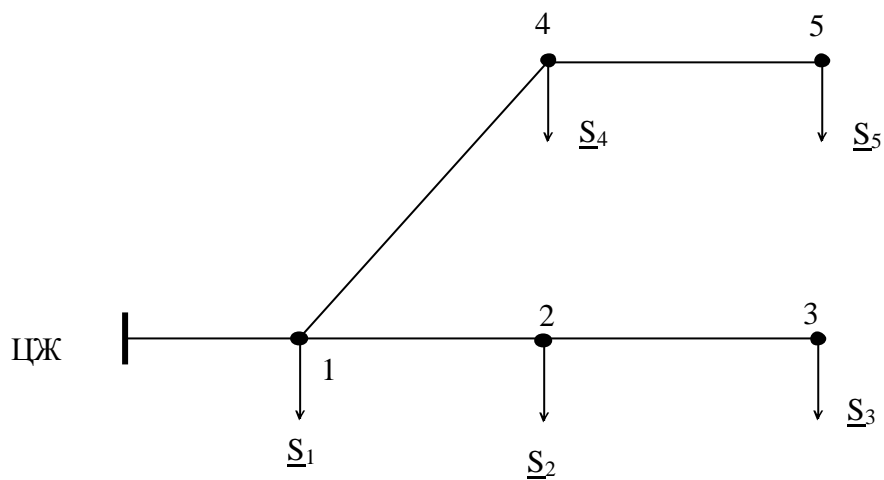
Задача № 6.4

Навести в загальному вигляді розрахунок мережі 10 кВ. Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.



Задача № 6.5

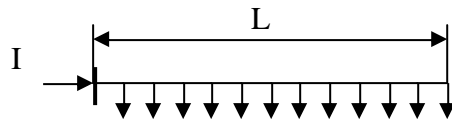
Навести в загальному вигляді розрахунок мережі 10 кВ. Дані: розрахункові навантаження у вузлах, опори гілок і напруги в центрі живлення.



Задача № 7

Розрахувати втрати потужності і напруги в лінії з рівномірно розподіленим навантаженням. $U_{ном} = 380$ В, довжина $L = 300$ м, питоме навантаження $i_0 = 0,2$ А/м, провід А16 ($\rho = 28,8$ Ом мм²/км).

Вирішення



$$\Delta P = I^2 \cdot r_0 \cdot L;$$

$$\Delta U = \frac{I \cdot r_0 \cdot L}{2},$$

$$\text{де } I = i_0 \cdot L;$$

$$r_0 = \frac{\rho}{F};$$

F – перетин проводу, мм^2 .

$$I = 0,2 \cdot 300 = 60 \text{ A};$$

$$r_0 = \frac{28,8}{16} = 1,8 \frac{\text{Ом}}{\text{км}};$$

$$\Delta P = I^2 \cdot r_0 \cdot L = 60^2 \cdot 1,8 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} = 1,944 \text{ кВт};$$

$$\Delta U = \frac{I \cdot r_0 \cdot L}{2} = \frac{60 \cdot 1,8 \cdot 0,3}{2} = 16,2 \text{ В}.$$

Задача № 7.1

Розрахувати втрати потужності й напруги в лінії з рівномірно розподіленим навантаженням. $U_{\text{ном}} = 380 \text{ В}$, довжина $L = 300 \text{ м}$, питоме навантаження $i_0 = 0,2 \text{ А/м}$, провід А16 ($\rho = 28,8 \text{ Ом мм}^2/\text{км}$).

Задача № 7.2

Розрахувати втрати потужності й напруги в лінії з рівномірно розподіленим навантаженням. $U_{\text{ном}} = 380$ В, довжина $L = 400$ м, питоме навантаження $i_0 = 0,1$ А/м, провід А16 ($\rho = 28,8$ Ом мм²/км).

Задача № 7.3

Розрахувати втрати потужності й напруги в лінії з рівномірно розподіленим навантаженням. $U_{\text{ном}} = 380$ В, довжина $L = 350$ м, питоме навантаження $i_0 = 0,15$ А/м, провід А16 ($\rho = 28,8$ Ом мм²/км).

Задача № 7.4

Розрахувати втрати потужності й напруги в лінії з рівномірно розподіленим навантаженням. $U_{\text{ном}} = 380$ В, довжина $L = 200$ м, питоме навантаження $i_0 = 0,3$ А/м, провід А16 ($\rho = 28,8$ Ом мм²/км).

Задача № 7.5

Розрахувати втрати потужності й напруги в лінії з рівномірно розподіленим навантаженням. $U_{\text{ном}} = 380$ В, довжина $L = 150$ м, питоме навантаження $i_0 = 0,35$ А/м, провід А16 ($\rho = 28,8$ Ом мм²/км).

Задача № 8

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на стороні нижчої напруги трансформатора ТДН-16000/110 у режимі найбільших навантажень. Навантаження на стороні 10 кВ $S_{\text{н}} = 15 + j5$ МВ·А, напруга на стороні 110 кВ $U_1 = 90$ кВ.

Довідкові дані трансформатора .

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 16 \text{ МВА};$$

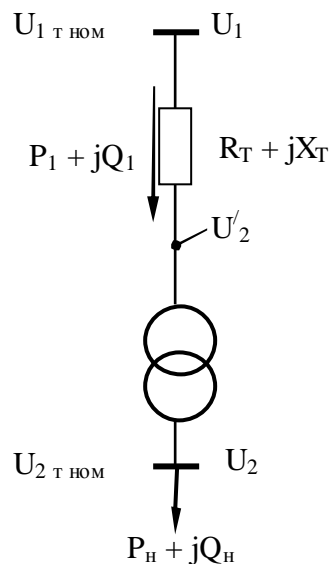
$$U_{1 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН: $\pm 9 \times 1,78\%$.

Розрахункові дані:

$$R_T = 4,38 \text{ Ом}; X_T = 86,7 \text{ Ом}.$$

Вирішення



$$U'_2 = U_{1 \text{ Т ном}} - \Delta U_T,$$

$$\text{де } \Delta U_T = \frac{P_H \cdot R_T + Q_H \cdot X_T}{U_1} = \frac{15 \cdot 4,38 + 5 \cdot 86,7}{90} = 5,55 \text{ кВ}.$$

$$U'_2 = 90 - 5,55 = 84,45 \text{ кВ}.$$

Бажана напруга на стороні НН: $U_{2 \text{ баж}} = 1,05 U_{2 \text{ ном}} = 10,5 \text{ кВ}.$

Бажаний коефіцієнт трансформації: $K_{T \text{ баж}} = U'_2 / U_{2 \text{ баж}}.$

Умови регулювання будуть виконуватися в тому випадку, якщо бажаний і реальний коефіцієнти будуть рівні ($K_{Т\text{ баж}} = K_{Т}$). З цієї умови випливає формула

$$n'_{\text{від}} = \left(\frac{U'_2 \cdot U_{2Т\text{ ном}}}{U_{2\text{ баж}} \cdot U_{1Т\text{ ном}}} - 1 \right) \frac{1}{\Delta U_{\text{рег}}^*},$$

де $n'_{\text{від}}$ – розрахункове значення шуканого номера відгалуження пристрою РПН;
 $\Delta U_{\text{рег}}^* = 0,0178$ – відносна величина кроку регулювання пристрою РПН.

$$n'_{\text{від}} = \left(\frac{84,45 \cdot 11}{10,5 \cdot 115} - 1 \right) \cdot \frac{1}{0,0178} = -12,96.$$

Значення $n_{\text{від}}$ округляємо до найближчого. Це є $n_{\text{від}} = -9$ (діапазону регулювання не вистачає). Розраховуємо реальний коефіцієнт трансформації:

$$K_{Т} = \frac{U_{1Т\text{ ном}} (1 + n_{\text{від}} \cdot \Delta U_{\text{рег}}^*)}{U_{2Т\text{ ном}}} = \frac{115 \cdot (1 - 9 \cdot 0,0178)}{11} = 8,78.$$

Дійсна напруга на низькій стороні трансформатора буде дорівнювати

$$U_{2\text{ реал}} = U'_2 / K_{Т} = \frac{84,45}{8,78} = 9,62 \text{ кВ.}$$

Задача № 8.1

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на стороні нижчої напруги трансформатора ТМН-4000/35 у режимі найбільших навантажень. Навантаження на стороні 10 кВ $S_{\text{н}} = 3,2 + j0,5 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, напруга на стороні 35 кВ $U_1 = 31 \text{ кВ}$.

Довідкові дані трансформатора .

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 4 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 35 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН: $\pm 6 \times 1,5\%$.

Розрахункові дані:

$$R_T = 2,6 \text{ Ом}; X_T = 23,0 \text{ Ом}.$$

Задача № 8.2

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на стороні нижчої напруги трансформатора ТДН-10000/110 у режимі найбільших навантажень. Навантаження на стороні 10 кВ $S_n = 8 + j2 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, напруга на стороні 110 кВ $U_1 = 95 \text{ кВ}$.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 10 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН: $\pm 9 \times 1,78\%$.

Розрахункові дані:

$$R_T = 7,95 \text{ Ом}; X_T = 139,0 \text{ Ом}.$$

Задача № 8.3

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на стороні нижчої напруги трансформатора ТРДН-25000/110 у режимі найбільших навантажень.

жень. Навантаження на стороні 10 кВ $S_H = 20 + j4$ МВ·А, напруга на стороні 110 кВ $U_1 = 96$ кВ.

Довідкові дані трансформатора .

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 25 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН: $\pm 9 \times 1,78\%$.

Розрахункові дані:

$$R_T = 2,54 \text{ Ом}; X_T = 55,9 \text{ Ом}.$$

Задача № 8.4

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на стороні нижчої напруги трансформатора ТРДН-32000/150 у режимі найбільших навантажень. Навантаження на стороні 10 кВ $S_H = 25 + j8$ МВ·А, напруга на стороні 150 кВ $U_1 = 141$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 32 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 158 \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН: $\pm 8 \times 1,5\%$.

Розрахункові дані:

$$R_T = 3,54 \text{ Ом}; X_T = 82,0 \text{ Ом}.$$

Задача № 8.5

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на стороні нижчої напруги трансформатора ТДН-40000/220 у режимі найбільших навантажень. Навантаження на стороні 10 кВ $S_H = 35 + j10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$, напруга на стороні 110 кВ $U_1 = 205 \text{ кВ}$.

Довідкові дані трансформатора .

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 40 \text{ МВА};$$

$$U_{1 T \text{ ном}} = 230 \text{ кВ}, U_{2 T \text{ ном}} = 11 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН: $\pm 8 \times 1,5\%$.

Розрахункові дані:

$$R_T = 5,6 \text{ Ом}; X_T = 158,7 \text{ Ом}.$$

Задача № 9

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на сторонах середньої і нижчої напруг автотрансформатора АТДЦТН-200000/330/110 у режимі найбільших навантажень. За результатами розрахунку режиму отримані наведені значення напруги на стороні середньої і нижчої напруг: $U'_C = 315 \text{ кВ}$, $U'_H = 305 \text{ кВ}$.

Довідкові дані трансформатора.

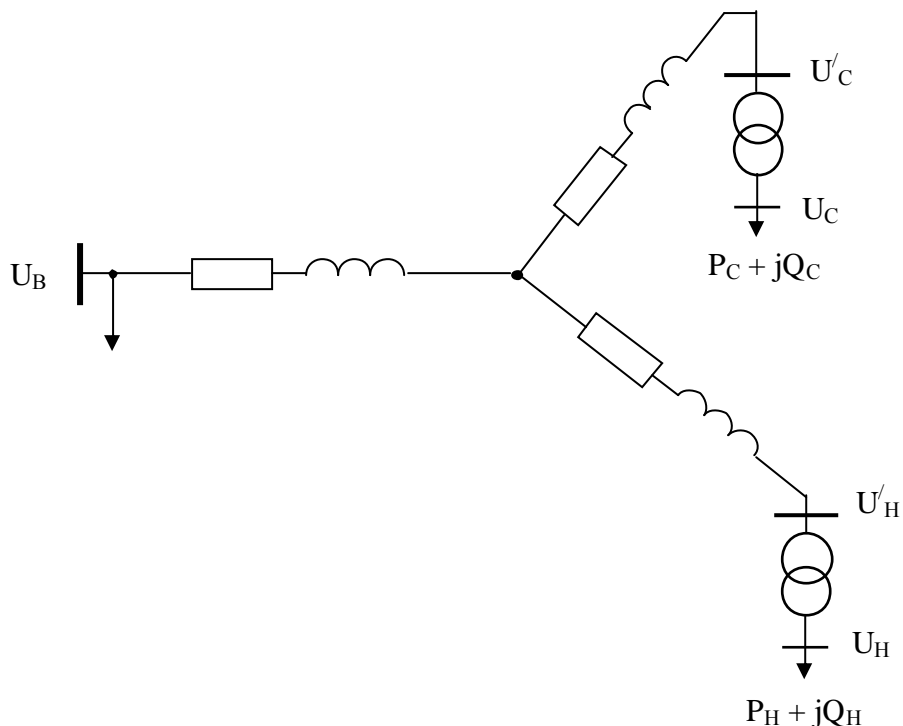
Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 200 \text{ МВА};$$

$$U_{B T \text{ ном}} = 330 \text{ кВ}, U_{C T \text{ ном}} = 115 \text{ кВ}, U_{H T \text{ ном}} = 10,5 \text{ кВ}.$$

Діапазон регулювання пристрою РПН з сторони СН: $\pm 6 \times 2\%$.

Вирішення



Пристрій РПН встановлено на стороні СН. Бажана напруга на шинах СН у режимі найбільших навантажень з умови зустрічного регулювання складає

$$U_{C \text{ баж}} = 1,05 \cdot U_{C \text{ ном}} = 1,05 \cdot 110 = 115,5 \text{ кВ.}$$

Відносна зміна кількості витків обмотки СН:

$$\omega_i^* = \frac{U_{B \text{ т ном}} \cdot U_{C \text{ баж}}}{U_{C \text{ т ном}} \cdot U'_C} - 1 = \frac{330 \cdot 115,5}{115 \cdot 315} - 1 = 0,052.$$

Розрахункове значення номера відгалуження складає

$$n'_{\text{від}} = \frac{\omega_i^*}{\Delta U_{\text{рег}}^*} = \frac{0,052}{0,02} = 2,6.$$

Тут $\Delta U_{\text{рег}}^* = 0,02$ – відносна величина кроку регулювання пристрою РПН.

Округляємо до стандартного найближчого номера відгалуження: $n_{\text{від}} = 3$.

Розраховуємо реальні коефіцієнти трансформації:

$$K_T^{B-C} = \frac{U_{B\ T\ \text{НОМ}}}{U_{C\ T\ \text{НОМ}} \cdot (1 + n_{\text{від}} \cdot \Delta U_{\text{рег}}^*)} = \frac{330}{115 \cdot (1 + 3 \cdot 0,02)} = 2,707;$$

$$K_T^{B-H} = \frac{U_{B\ T\ \text{НОМ}}}{U_{H\ T\ \text{НОМ}}} = \frac{330}{10,5} = 31,43.$$

Дійсні напруги:

на стороні СН

$$U_C = \frac{U'_C}{K_T^{B-C}} = \frac{315}{2,707} = 116,36 \text{ кВ},$$

на стороні НН

$$U_H = \frac{U'_H}{K_T^{B-H}} = \frac{305}{31,43} = 9,7 \text{ кВ}.$$

На шинах НН немає регулювання напруги. Бажана напруга в режимі найбільших навантажень $U_{H\ \text{баж}} = 1,05 \cdot U_{H\ \text{НОМ}} = 10,5 \text{ кВ}$. Для забезпечення необхідної напруги на шинах НН автотрансформаторів використовують вольтододаткові трансформатори.

Задача № 9.1

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на сторонах середньої і нижчої напруг автотрансформатора АТДЦТН-250000/330/150 у режимі найбільших навантажень. За результатами розрахунку режиму отримані приведені значення напруги на стороні середньої і нижчої напруг: $U'_C = 305 \text{ кВ}$, $U'_H = 300 \text{ кВ}$.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T\ \text{НОМ}} = 250 \text{ МВА};$$

$$U_{B\ T\ \text{НОМ}} = 330 \text{ кВ}, U_{C\ T\ \text{НОМ}} = 158 \text{ кВ}, U_{H\ T\ \text{НОМ}} = 10,5 \text{ кВ}.$$

Діапазон регулювання пристрою РПН з сторони СН: $\pm 6 \times 2 \%$.

Задача № 9.2

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на сторонах середньої та нижчої напруг групи з трьох автотрансформаторів АОДЦТН-133000/330/220 у режимі найбільших навантажень. За результатами розрахунку режиму отримані приведені значення напруги на стороні середньої і нижчої напруг: $U'_C = 315$ кВ, $U'_H = 305$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 133 \text{ МВА};$$

$$U_{1 \text{ Т ном}} = 330/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{2 \text{ Т ном}} = 230/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{3 \text{ Т ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН з сторони СН: $\pm 6 \times 2 \%$.

Задача № 9.3

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на сторонах середньої та нижчої напруг автотрансформатора АТДЦТН-200000/220/110 у режимі найбільших навантажень. За результатами розрахунку режиму отримані приведені значення напруги на стороні середньої і нижчої напруг: $U'_C = 205$ кВ, $U'_H = 200$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T \text{ ном}} = 200 \text{ МВА};$$

$$U_{B \text{ Т ном}} = 230 \text{ кВ}, U_{C \text{ Т ном}} = 121 \text{ кВ}, U_{H \text{ Т ном}} = 11 \text{ кВ}.$$

Діапазон регулювання пристрою РПН з сторони СН: $\pm 6 \times 2 \%$.

Задача № 9.4

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на сторонах середньої та нижчої напруг автотрансформатора АТДЦТН-250000/500/110 у режимі найбільших навантажень. За результатами розрахунку режиму отримані приведені значення напруги на стороні середньої і нижчої напруг: $U'_C = 485$ кВ, $U'_H = 480$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T\text{ ном}} = 250 \text{ МВА};$$

$$U_{B\text{ T ном}} = 500 \text{ кВ}, U_{C\text{ T ном}} = 121 \text{ кВ}, U_{H\text{ T ном}} = 11 \text{ кВ}.$$

Діапазон регулювання пристрою РПН з сторони СН: $\pm 6 \times 2 \%$.

Задача № 9.5

Розрахувати відгалуження пристрою РПН і дійсну напругу на сторонах середньої та нижчої напруг групи з трьох автотрансформаторів АОДЦТН-167000/500/330 у режимі найбільших навантажень. За результатами розрахунку режиму отримані приведені значення напруги на стороні середньої і нижчої напруг: $U'_C = 490$ кВ, $U'_H = 485$ кВ.

Довідкові дані трансформатора.

Каталожні дані:

$$S_{T\text{ ном}} = 167 \text{ МВА};$$

$$U_{1\text{ T ном}} = 500/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{2\text{ T ном}} = 330/\sqrt{3} \text{ кВ}, U_{3\text{ T ном}} = 10,5 \text{ кВ};$$

Діапазон регулювання пристрою РПН зі сторони СН: $\pm 8 \times 1,5 \%$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 592 с.
2. Проектирование питающих сетей: Уч. пособие / О.Г. Гриб, Г.А. Сендерович, О.Н. Довгалоук, Д.Н. Калюжный. – Х.: ХНАГХ, 2006. – 217 с.
3. Сендерович Г.А. Електричні системи й мережі: короткий конспект лекцій за курсом “Електричні системи й мережі”. – Х.: ХДАМГ, 2003. - 73 с.
4. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / Под ред. С.С. Рокотяна и И.М. Шапиро. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 352 с.
5. Петренко Л.И. Электрические сети: Сборник задач. – К.: Высш. шк., 1985. - 271 с.
6. Проектирование систем электроснабжения: Уч. пособие / О.Г.Гриб, А.Л. Ерохин, Г.А. Сендерович, К.А. Старков. – Х.: ХГАГХ, 2002. - 185 с.
7. Электрические сети энергетических систем / В.А. Боровиков, В.К. Косарев, Г.А. Ходот. - Л.: Энергия, 1977. - 391 с.
8. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электрических станций и подстанций: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 640 с.
9. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. - Минск, 1997. - 30 с.
10. Электротехнический справочник. В 3т. Кн. 1 / Под общей ред. профессор МЭИ. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 880 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Електричні системи та мережі” (для студентів 3 курсу денної та 3,4 курсів заочної форм навчання напрямку 6.050701 „Електротехніка та електротехнології” (0906 “Електротехніка”) зі спеціальності “Електротехнічні системи електроспоживання”).

Укладачі: Геннадій Аркадійович Сендерович,
Оксана Миколаївна Довгалюк,
Дмитро Миколайович Калюжний,
Ірина Григорівна Натарова,
Поліна Геннадіївна Щербакова,
Тетяна Віталіївна Блощенко.

Відповідальний за випуск О.Г. Гриб

Редактор М.З. Аляб'єв

План 2009, поз. 295М

Підп. до друку 01.02.10	Формат 60 x 84 1/16	Папір офісний
Друк на ризографі.	Умовн-друк. арк. 1,8	Обл. - вид. арк. 2,0
Тираж 375 прим.	Замовл. №	

ХНАМГ. 61002, Харків, вул. Революції, 12.

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ
ХНАМГ, 61002, Харків, вул. Революції, 12.